

---

---

**Robots manipulateurs industriels —  
Présentation du matériel d'essai et des  
méthodes de mesure pour l'évaluation des  
critères de performance des robots  
conformément à l'ISO 9283**

*ISO/TR 13309:1995  
Manipulating industrial robots — Informative guide on test equipment and  
metrology methods of operation for robot performance evaluation in  
accordance with ISO 9283*



## Sommaire

	Page
1 Domaine d'application .....	1
2 Principales catégories de méthodes de mesure des performances .....	1
3 Méthodes recommandées de mesure des performances des robots .....	2
4 Méthodes de mesure des performances des robots .....	2
4.1 Méthodes de positionnement d'une tête de mesure .....	3
4.2 Méthodes de comparaison de trajectoire .....	3
4.3 Méthodes de triangulation ("trilateration") .....	5
4.4 Méthodes de mesure par coordonnées polaires .....	7
4.5 Méthodes de triangulation .....	9
4.6 Méthode de mesure par inertie .....	12
4.7 Méthodes de mesure par coordonnées (cartésiennes) .....	13
4.8 Méthode graphique de mesure .....	15
Tableau 1 .....	16
Tableau 2 .....	17

[ISO/TR 13309:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a3fa8a0-6cf0-477b-b71c-a044f28eacf7/iso-tr-13309-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a3fa8a0-6cf0-477b-b71c-a044f28eacf7/iso-tr-13309-1995>

## Annexes

A Exemples de systèmes de mesure/capteurs disponibles .....	18
B Adresses des fabricants de systèmes/capteurs de mesure .....	19
C Bibliographie .....	20

© ISO 1995

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

La tâche principale des comités techniques de l'ISO est d'élaborer les Normes internationales. Exceptionnellement, un comité ou sous-comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants :

- type 1 : lorsque, en dépit de mains efforts au sein d'un comité technique, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale ;
- type 2 : lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour toute autre raison, la possibilité d'un accord sur une norme internationale est envisageable dans l'avenir mais pas dans l'immédiat ;
- type 3, lorsqu'un comité ou sous-comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 13309, rapport technique de type 3, a été préparé par le Groupe de Travail 2 : Critères de performance et méthodes d'essai correspondantes, de l'ISO/TC 184/SC 2 : Robots manipulateurs industriels.

Le présent document a été publié sous forme d'un rapport technique car il est destiné à fournir une vue d'ensemble sur les méthodes de mesure techniquement applicables ainsi que sur le matériel d'essai aujourd'hui disponible pour l'évaluation des performances de déplacement des robots conformément à l'ISO 9283 : 1990 - Robots manipulateurs industriels - Critères de performance et méthodes d'essai correspondantes.

Le présent rapport technique a été préparé par l'ISO/TC 184/SC 2 - Robots manipulateurs industriels - conformément à la Résolution 121 adoptée lors de la réunion du SC 2 à Budapest le 4 juin 1992. Les Annexes A, B et C sont informatives.

## Introduction

Les Normes internationales ISO 9283 et ISO 9946 ont été publiées en 1990 et 1991 afin de répondre aux besoins de l'industrie. Afin de compléter ces normes, certains amendements correspondants à des applications réelles sont à l'étude.

Il est important de préciser le type et le niveau de performance des systèmes de mesure existants applicables aux robots par rapport à l'ISO 9283 et d'établir des normes ou rapports supplémentaires.

Le présent Rapport technique s'attache à établir une classification des techniques et méthodes de mesure applicables au contrôle des caractéristiques des robots et décrit les principes de fonctionnement et la précision de la technique actuelle et, dans toute la mesure du possible, les systèmes de mesure aujourd'hui disponibles.

THIS STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 13309:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a3fa8a0-6cf0-477b-b71c-a044f28eacf7/iso-tr-13309-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a3fa8a0-6cf0-477b-b71c-a044f28eacf7/iso-tr-13309-1995>

# Robots manipulateurs industriels — Présentation du matériel d'essai et des méthodes de mesure pour l'évaluation des critères de performance des robots conformément à l'ISO 9283

## iTeh STANDARD PREVIEW

### 1 Domaine d'application (standards.iteh.ai)

Le présent rapport fournit des informations sur l'état de la technique en matière de principes de fonctionnement des équipements d'essai. Il apporte des informations supplémentaires décrivant les applications de la technologie des équipements d'essai actuels à l'ISO 9283.

### 2 Principales catégories de méthodes de mesure des performances

Il existe plusieurs méthodes de caractérisation des performances des robots conformes à l'ISO 9283. La classification de ces méthodes est la suivante :

1. Méthodes de positionnement d'une tête de mesure
2. Méthodes de comparaison des trajectoires
3. Méthodes de triangulation ("trilateration")
4. Méthodes de mesure par coordonnées polaires
5. Méthode de triangulation
6. Méthode de mesure par inertie
7. Méthodes de mesure par coordonnées
8. Méthode graphique de mesure

Ces méthodes sont brièvement exposées à l'article 4. Une description détaillée de ces systèmes peut être trouvée dans les documents figurant dans la bibliographie (Annexe C).

### 3 Méthodes recommandées de mesure des performances des robots

Le tableau 1 présente la liste des méthodes recommandées pour la mesure des critères de performance conformément à l'ISO 9283. Ces méthodes, au nombre de seize, correspondent aux huit catégories de l'article 2. Les possibilités de chaque méthode sont également présentées. Bien que certaines méthodes puissent être utilisées pour mesurer les caractéristiques de pose et de trajectoire, certaines comportent des limitations, parmi lesquelles :

- 1) seule la position (ou l'orientation) peut être mesurée lors du contrôle des caractéristiques de pose ;
- 2) les caractéristiques de trajectoires (linéaires ou circulaires) ne peuvent être mesurées que le long de trajectoires commandées limitées ;
- 3) seuls des robots à dépassement de pose limité peuvent être contrôlés ;
- 4) les performances de l'équipement d'essai peuvent ne pas donner une exactitude ou une incertitude de mesure suffisante pour certaines caractéristiques ;
- 5) la mesure est limitée au nombre de degrés de liberté de l'équipement d'essai ;
- 6) l'équipement d'essai peut engendrer un volume de mesure limité par rapport au cube d'essai défini dans l'ISO 9283 ;
- 7) la fréquence d'échantillonnage de l'équipement d'essai peut ne pas convenir pour la fréquence supérieure de déplacement du robot à mesurer.

Il convient que la personne chargée des essais discute des limitations avec le fabricant de l'appareillage d'essai lors de l'organisation du mesurage des performances.

Le Tableau 2 résume les caractéristiques de performances et les capacités types des méthodes recommandées. Il est conseillé à la personne chargée des essais, avant de contrôler un robot, de connaître le niveau de performance du robot et de choisir les méthodes d'essai appropriées.

### 4 Méthodes de mesure des performances des robots

Le présent article décrit et présente sous forme schématique les méthodes énumérées dans le Tableau 1.

### 4.1 Méthodes de positionnement d'une tête de mesure

Les caractéristiques de pose atteinte peuvent être mesurées à l'aide d'une tête de mesure comportant suffisamment de capteurs de déplacement ou de proximité, déplacée par le robot de manière à toucher lentement un "artefact" de précision situé à un endroit précis ou à rester en l'air pour mesurer un éventuel dépassement. Une configuration type est présentée à la Figure 1. La Figure 2 présente d'autres variantes de la méthode. Plusieurs types "d'artefacts" et de têtes de mesure peuvent être combinés, en fonction du nombre de paramètres de pose requis.

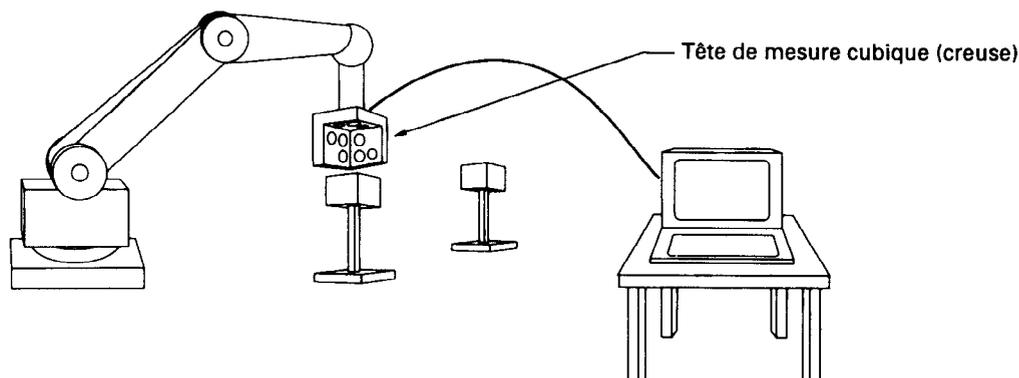


Figure 1 : méthode de positionnement d'une tête de mesure "artefact" (cubique)

STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

	Mesure par contact (coordonnées de mesure x, y, z)	Mesure sans contact (coordonnées de mesure x, y, z - a, b, c)	
Artefacts			
Exemples de têtes de mesure			
montées sur le robot			

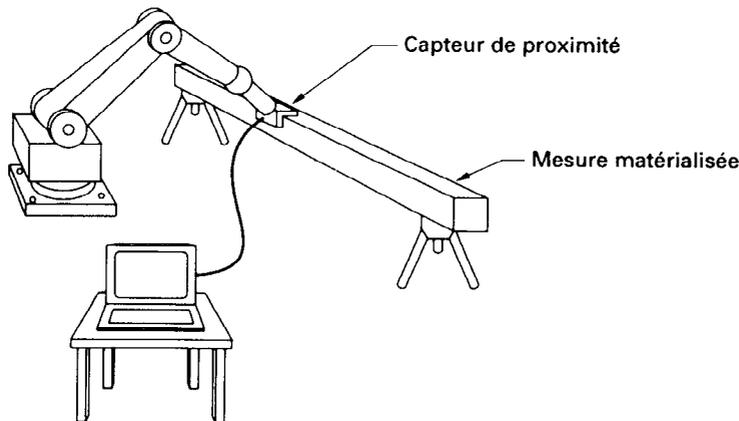
Figure 2 : "artefacts" pour la méthode de positionnement d'une tête de mesure

### 4.2 Méthodes de comparaison de trajectoire

#### 4.2.1 Comparaison mécanique

Cette méthode est basée sur la comparaison d'une trajectoire atteinte à une trajectoire commandée qui peut être composée de segments de trajectoire linéaires ou circulaires. La trajectoire est construite à l'aide d'une mesure matérialisée de précision ou d'une autre structure

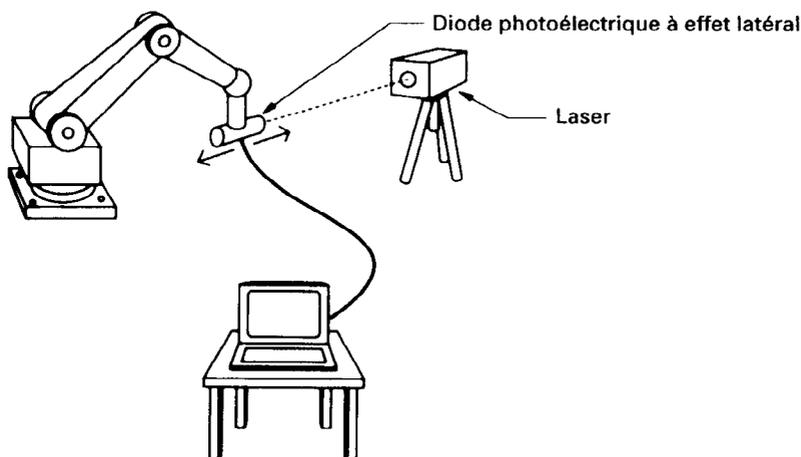
de référence de position. La Figure 3 présente un montage possible dans lequel les capteurs de proximité sont montés sur une tête de mesure et où l'artefact est une règle représentant la trajectoire commandée. Les écarts de trajectoire sont détectés par un nombre approprié de capteurs et servent à déterminer les paramètres caractéristiques (précision et répétabilité) de la trajectoire atteinte. Les écarts de pose complets (position et orientation) peuvent aussi être déterminés lorsqu'un nombre suffisant de capteurs est utilisé.



**Figure 3 : comparaison mécanique**  
(standards.iteh.ai)

#### 4.2.2 Comparaison de trajectoire par faisceau laser

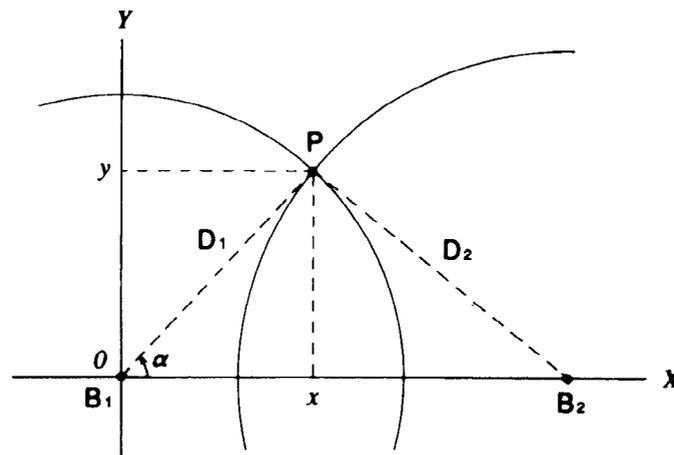
La précision/répétabilité de la trajectoire par rapport à un faisceau laser peut être mesurée à l'aide d'un transducteur photosensible capable de détecter l'erreur de positionnement du faisceau incident par rapport au centre du transducteur. La configuration du système est présentée à la Figure 4. La pose du robot le long du faisceau peut être calculée en fonction du temps si la source laser est remplacée par un interféromètre laser et si le transducteur photosensible peut réfléchir la lumière.



**Figure 4 : comparaison de trajectoire par faisceau laser**

### 4.3 Méthodes de triangulation ("trilateration")

La triangulation ("trilateration" signifie en Anglais "utilisation de trois côtés") est une méthode de détermination des coordonnées cartésiennes ( $x, y, z$ ) d'un point P dans un espace à trois dimensions avec trois valeurs correspondant à la distance entre le point P et les trois stations d'observation et les longueurs de la base entre trois stations fixes. La Figure 5 explique le principe de triangulation par une représentation bi-dimensionnelle.

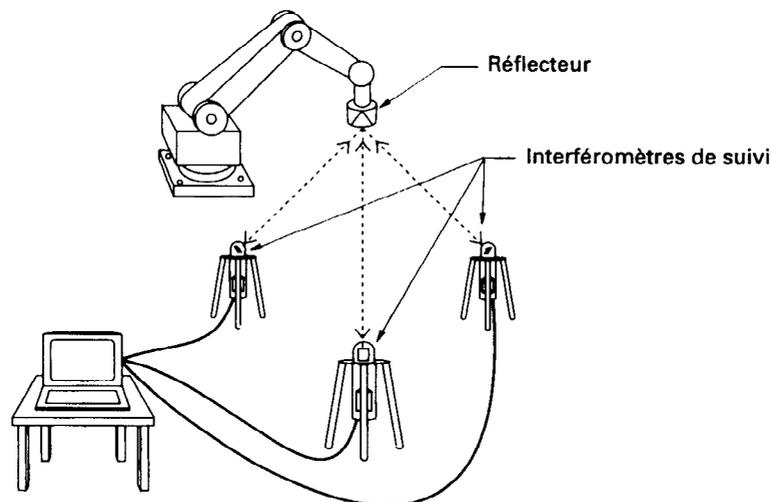


**Figure 5 : principe de mesure par triangulation  
(représentation bi-dimensionnelle)**

ISO/TR 13309:1995

#### 4.3.1 Suivi interférométrique multi-faisceaux

Cette méthode repose sur l'utilisation de trois faisceaux laser provenant de trois interféromètres laser avec suivi asservi sur deux axes et visée d'une cible commune située sur le poignet du robot. La configuration du système est présentée à la Figure 6. La caractéristique de pose du robot dans un espace tri-dimensionnel peut être obtenue à partir des données de distance fournies par les trois interféromètres. L'orientation peut être mesurée dans une configuration où six interféromètres sont dirigés vers trois cibles indépendantes placées sur le robot.

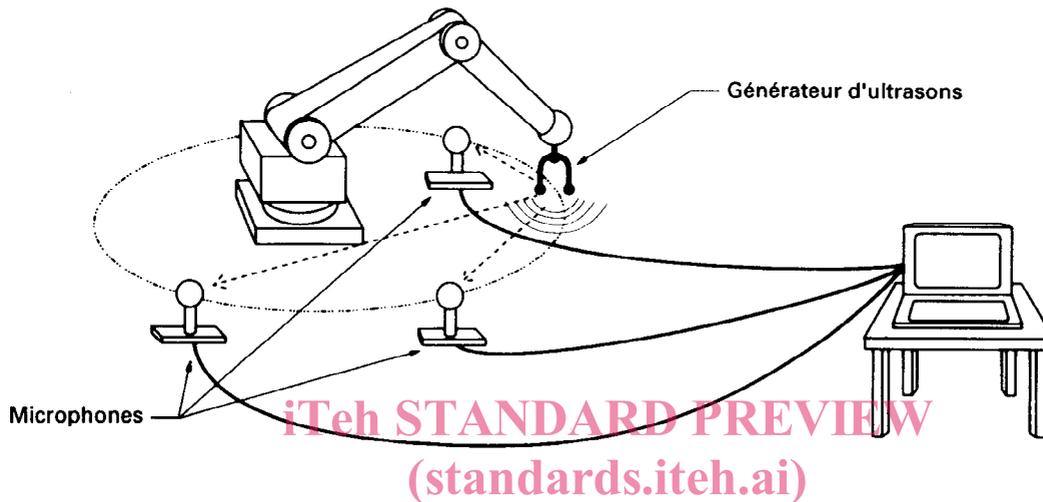


**Figure 6 : suivi interférométrique multi-faisceaux**

### 4.3.2 Triangulation par ultrasons

La position du robot dans un espace tri-dimensionnel peut être calculée à partir de données de distance fournies par trois microphones à ultrasons fixes qui reçoivent des trains d'impulsions ultrasoniques provenant d'une source sonore montée sur le robot. La configuration du système est présentée à la Figure 7.

L'orientation du robot peut être mesurée si le robot dispose de trois sources sonores indépendantes et si chaque microphone peut détecter les trains d'impulsions provenant des trois sources sonores.

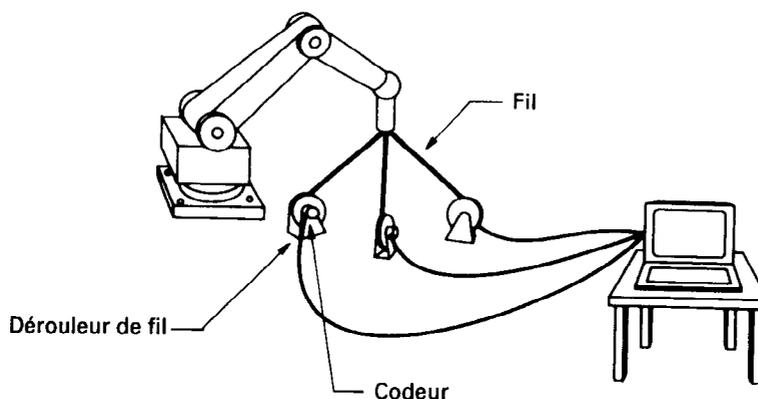


**Figure 7 : triangulation par ultrasons**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a3fa8a0-6cf0-477b-b71c-a044f28eacf7/iso-tr-13309-1995>

### 4.3.3 Triangulation mécanique par fil

Cette méthode repose sur le raccordement de trois fils partant des trois dispositifs dérouleurs de fil fixes pour aboutir à l'extrémité du robot comme représenté à la Figure 8. En évaluant la longueur de chaque fil, par exemple à l'aide de potentiomètres ou de codeurs sur les dispositifs dérouleurs de fil qui maintiennent ce dernier sous tension, il est possible de déterminer la position de l'extrémité du robot.



**Figure 8 : triangulation mécanique par fils**

#### 4.4 Méthodes de mesure par coordonnées polaires

Les méthodes de mesure par coordonnées polaires peuvent être utilisées pour déterminer les coordonnées cartésiennes  $(x, y, z)$  d'un point dans l'espace en mesurant une distance  $D$ , un azimut  $(\alpha)$  et une élévation  $(\beta)$  comme représenté à la Figure 9.

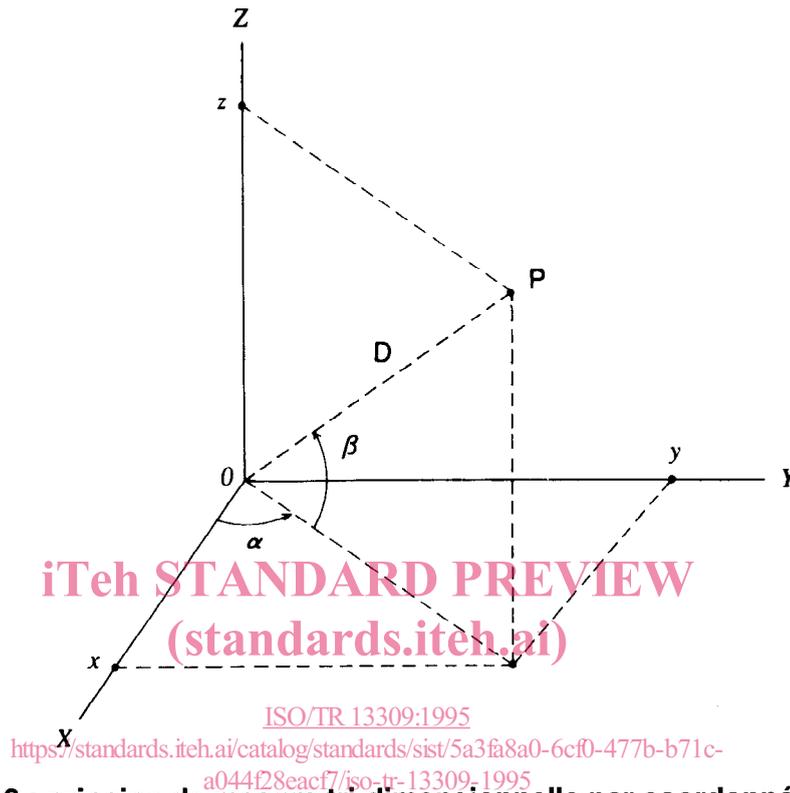


Figure 9 : principe de mesure tri-dimensionnelle par coordonnées polaires

##### 4.4.1 Suivi interférométrique uni-faisceau

La méthode de suivi interférométrique uni-faisceau peut servir à mesurer la position ou l'orientation du robot. La Figure 10 présente la configuration type d'un interféromètre uni-faisceau pour la mesure de la position. La position du robot peut être calculée à partir de données de distance fournies par l'interféromètre laser et de données d'azimut/élévation obtenues par un système de suivi fixe visant un réflecteur monté à l'extrémité du robot.

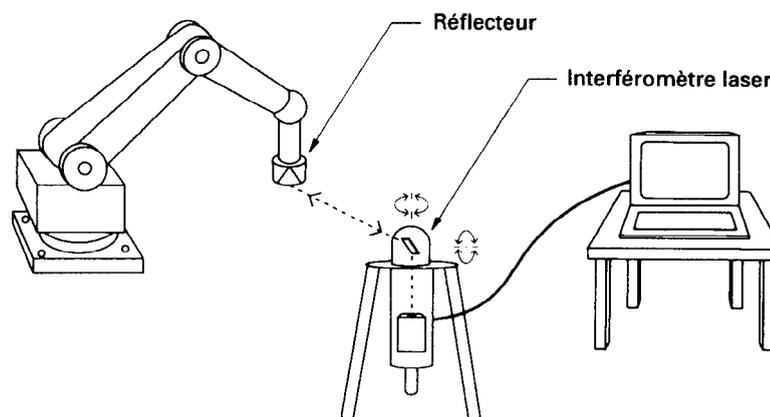


Figure 10 : suivi interférométrique uni-faisceau pour la mesure de la position